

**This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

**Defective images within this document are accurate representations of
the original documents submitted by the applicant.**

Defects in the images may include (but are not limited to):

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-179636

(43)Date of publication of application : 06.07.1999

(51)Int.Cl. B23Q 17/09

(21)Application number : 09-349288

(71)Applicant : TOSHIBA MACH CO LTD

(22)Date of filing : 18.12.1997

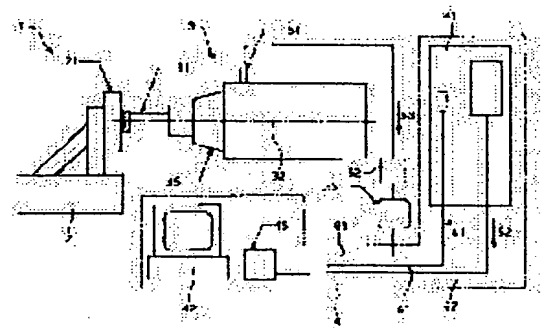
(72)Inventor : TOKUYAMA HARUMICHI
ABE FUJIO

(54) REPLACEMENT TIMING DECISION SYSTEM FOR TOOL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a replacement timing decision system of a tool which can be constitution by reducing a cost further with high reliability.

SOLUTION: A replacement timing decision system of a tool measuring the vibration of a rotary tool 31 having a cutting edge by a vibration sensor 51 to decide replacement timing of the rotary tool 31 is provided with a filter 53 separating a prescribed frequency band from a vibration sensor signal S3 output from the vibration sensor 51, taking means synchronizing with a trigger signal S2 of 1 pulse relating to one turn of the rotary tool 31 to take in the vibration sensor signal S3 through the filter 53, and a decision means deciding replacement timing of the rotary tool 31 from the vibration sensor signal S3 taken in by this taking in means. The vibration sensor signal S3 is taken in synchronized with the rotation of the rotary tool 31, so that a vibration characteristic in according with a cutting edge position can be clearly detected.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-179636

(43)公開日 平成11年(1999) 7月6日

(51)Int.Cl.⁶

B 2 3 Q 17/09

識別記号

F I

B 2 3 Q 17/09

F

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平9-349288

(22)出願日 平成9年(1997)12月18日

(71)出願人 000003458

東芝機械株式会社

東京都中央区銀座4丁目2番11号

(72)発明者 徳山 晴道

静岡県沼津市大岡2068の3 東芝機械株式
会社沼津事業所内

(72)発明者 阿部 富士夫

静岡県沼津市大岡2068の3 東芝機械株式
会社沼津事業所内

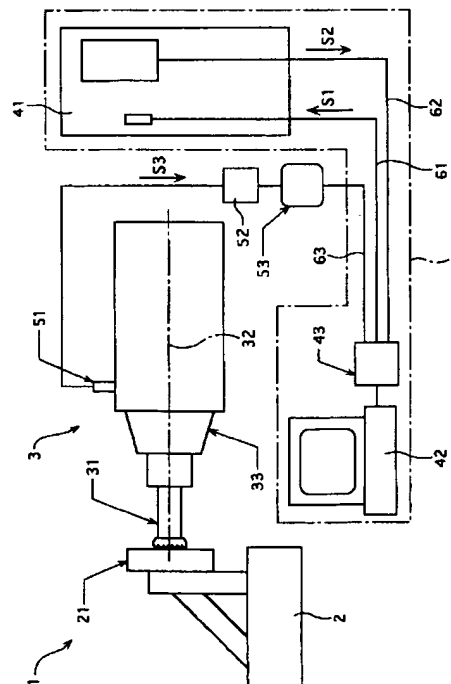
(74)代理人 弁理士 木下 實三 (外1名)

(54)【発明の名称】 工具の交換時期判定システム

(57)【要約】

【課題】 安価に構成することができ、かつ信頼性の高い工具の交換時期判定システムを提供することを目的とする。

【解決手段】 切刃を有する回転工具31の振動を振動センサ51により測定し、回転工具31の交換時期を判定する工具の交換時期判定システムは、振動センサ51から出力される振動センサ信号S3から所定の周波数帯域を分離するフィルタ53と、回転工具31の1回転に対して1パルスのトリガ信号S2と同期させ、フィルタ53を通した振動センサ信号S3を取り込む取込手段と、この取込手段により取り込まれた振動センサ信号S3から回転工具31の交換時期を判定する判定手段とを備えている。振動センサ信号S3を回転工具31の回転と同期させて取り込んでいるので、切刃位置に応じた振動特性を明瞭に検出できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 1または複数の切刃が設けられた回転工具の振動を振動センサにより測定し、前記回転工具の交換時期を判定する工具の交換時期判定システムであって、

前記振動センサから出力される振動センサ信号から所定の周波数帯域を分離するフィルタと、

前記回転工具の1回転に対して1パルスのトリガ信号と同期させ、前記フィルタを通した振動センサ信号を取り込む取込手段と、

この取込手段により取り込まれた振動センサ信号から前記回転工具の交換時期を判定する判定手段と、を備えていることを特徴とする工具の交換時期判定システム。

【請求項2】 請求項1に記載の工具の交換時期判定システムにおいて、

前記フィルタは、前記振動センサ信号の高周波数成分を分離除去するローパスフィルタであり、

前記判定手段は、このローパスフィルタを通した振動センサ信号の1回転分の振動波形から前記回転工具の切刃数に応じたピーク値を検出する検出部と、この検出部により検出されたピーク値の時間的変化から前記回転工具の交換時期を判断する判断部とを備えていることを特徴とする工具の交換時期判定システム。

【請求項3】 請求項1に記載の工具の交換時期判定システムにおいて、

前記判定手段は、前記フィルタを通した振動センサ信号をウェーブレット解析して、当該振動センサ信号に対応するウェーブレット係数を求める解析部と、このウェーブレット係数の時間的変化から前記回転工具の交換時期を判断する判断部とを備えていることを特徴とする工具の交換時期判定システム。

【請求項4】 請求項3に記載の工具の交換時期判定システムにおいて、

前記判断部は、一定時間内に含まれるウェーブレット係数の平均値を算出する第1ステップと、この係数平均値の時間的変化を表すスムージング曲線を形成する第2ステップと、このスムージング曲線のピークを、前記回転工具の切刃相当位置のウェーブレット係数であると判断する第3ステップとを備えていることを特徴とする工具の交換時期判定システム。

【請求項5】 請求項3または請求項4に記載の工具の交換時期判定システムにおいて、

前記振動センサ信号は、AD変換されて前記取込手段に取り込まれ、

前記フィルタのカットオフ周波数は、このAD変換におけるサンプル周波数の $1/2$ 以下に設定されていることを特徴とする工具の交換時期判定システム。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、1または複数の切

刃が設けられた回転工具の振動を振動センサにより測定し、前記回転工具の交換時期を判定する工具の交換時期判定システムに関する。

【0002】

【背景技術】 従来より、数値制御装置（以下、NC装置）を備えた工作機械では、NC装置によりエンドミル等の回転工具の交換時期を判定し、回転工具が磨耗等で使用限界に達した場合、自動工具交換装置（ATC）により当該回転工具を自動的に交換するような工具の交換時期判定システムが採用されている。このような工具の交換時期判定システムを備えていることにより、工作機械の完全自動化を図ることができるので、NC工作機械による製品の生産性を著しく向上することができる。

【0003】 上述した工具の交換時期判定システムとしては、例えば、回転工具の主軸に作用するトルクを検出し、この検出トルクが一定のしきい値以上となったら、工具の交換時期であると判定するシステムや、回転工具の加工振動を検出し、これを変換して得られる振動レベル値（rms値）が一定のしきい値を超えた時を工具の交換時期と判定するシステムが知られている。また、他の工具の交換時期判定システムとしては、回転工具の累積使用時間をNC装置に記憶させておき、当該回転工具の累積使用時間により工具の交換時期を判定するシステムが知られている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、このような従来の工具の交換時期判定システムでは、次のような問題がある。すなわち、主軸のトルクを検出して判定するシステムは、モータ、動力伝達系等の比較的慣性の大きい要素を介して回転工具の状態を検出するので、高い測定精度を必要とし、これに伴い、高価な測定装置を使用しなければならないという問題がある。また、加工振動を検出し、振動レベル値に変換して判定するシステムは、ワークの材質等の加工条件によって振動レベル値が大きく変化するので、種々の加工条件が設定され得るNC工作機械のシステムとしては、一般にはあまり信頼性がないという問題がある。

【0005】 さらに、工具の累積使用時間から判定するシステムは、使用時間と共に進行する磨耗に対しては、有効なシステムであるが、偶発的に発生する回転工具の切刃のチッピング、折損等には対処することができないという問題がある。また、このようなシステムでは、安全のために、工具の交換時期と判定する設定時間を、実際の使用可能時間よりも短く設定する必要があり、工具コストの高騰に伴って工作機械の加工コストが高騰してしまうという問題がある。

【0006】 本発明の目的は、安価に構成することができ、かつ信頼性の高い工具の交換時期判定システムを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明に係る工具の交換時期判定システムは、1または複数の切刃が設けられた回転工具の振動を振動センサにより測定し、前記回転工具の交換時期を判定する工具の交換時期判定システムであって、前記振動センサから出力される振動センサ信号から所定の周波数帯域を分離するフィルタと、前記回転工具の1回転に対して1パルスのトリガ信号と同期させ、前記フィルタを通した振動センサ信号を取り込む取込手段と、この取込手段により取り込まれた振動センサ信号から前記回転工具の交換時期を判定する判定手段と、を備えていることを特徴とする。

【0008】このような本発明によれば、回転工具の振動以外の外乱振動をフィルタにより除去し、振動センサ信号を回転工具の回転と同期させて取り込んでいるので、回転工具の切刃位置に応じた振動特性を明瞭に検出することができる。そして、この振動特性の時間的変化を測定することにより、回転工具の各切刃の磨耗状態を高精度に検出することが可能となる。従って、回転工具の磨耗状態を正確に把握することにより、回転工具の交換時期について信頼性の高い判定を行うことが可能となる。

【0009】また、本発明に係る工具の交換時期判定システムが回転工具の磨耗状態を正確に把握できることから、回転工具を限界まで使用することができ、工具コストが高騰することなく、加工コストの低減が図られる。さらに、フィルタ、振動センサ等を接続するだけでシステムを構築することができるので、システム構築に要するコストが低減されるうえ、システムの構成が単純なので、工作機械に容易にシステムを構築することが可能となる。

【0010】以上において、上述したフィルタとしては、振動センサ信号の高周波数成分を取り除くローパスフィルタを採用し、上述した判定手段としては、ローパスフィルタを通した振動センサ信号の1回転分の振動波形から回転工具の切刃数に応じたピーク値を検出する検出部と、この検出部により検出されたピーク値の時間的変化から回転工具の交換時期を判断する判断部とを備えた判定手段が考えられる。

【0011】すなわち、回転工具の振動以外の外乱振動は高周波数帯域に多く現れるので、ローパスフィルタにより、簡易にかつ効率的に除去することが可能となる。また、判定手段が回転工具の切刃数に応じた振動センサ信号のピーク値を検出する検出部を備えているので、このピーク値の時間的変化を測定することにより、判断部で切刃の磨耗状態を高精度に判断することが可能となり、信頼性の高い工具の交換時期判定システムとすることが可能となる。

【0012】さらに、上述した判定手段としては、フィルタを通した振動センサ信号をウェーブレット解析し、当該振動センサ信号に対応するウェーブレット係数

を求める解析部と、このウェーブレット係数の時間的変化から前記回転工具の交換時期を判断する判断部とを備えた判定手段を採用することが考えられる。すなわち、判定手段が振動センサ信号の解析にウェーブレット解析を利用しているので、時間分解能の高い高周波数域の周波数範囲について振動波形の解析を行うことが可能となり、回転工具の磨耗状態を極めて高精度に検出することが可能となる。従って、判定手段による工具の交換時期の判定も高精度化され、極めて信頼性の高い判定を行うことが可能となる。

【0013】そして、上述した判断部としては、所定時間内に含まれるウェーブレット係数の平均値を算出する第1ステップと、この係数平均値の時間的変化を表すスムージング曲線を形成する第2ステップと、このスムージング曲線のピークを、前記回転工具の切刃相当位置のウェーブレット係数であると判断する第3ステップとを備えた判断部が考えられる。ここで、ウェーブレット係数の平均値は、移動平均法等を用いることにより求めることができる。すなわち、このように切刃相当位置のウェーブレット係数を求めれば、不作為の外乱の混入によるピーク変化に影響されことなく、安定した状態で高精度にウェーブレット係数の時間的変化を測定することが可能となる。

【0014】また、振動センサ信号がAD変換されて取込手段に取り込まれる場合、フィルタのカットオフ周波数は、このAD変換におけるサンプル周波数の $1/2$ 以下に設定されているのが好ましい。すなわち、カットオフ周波数をAD変換におけるサンプル周波数の $1/2$ 以下に設定することにより、FFT解析における最高周波数以上の周波数成分が当該最高周波数以下に折り重なって現れる、いわゆるエイリアジング現象を防止することが可能となる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の一形態を図面に基づいて説明する。図1には、本発明の第1実施形態に係る工具の交換時期判定システムが採用されたNC工作機械が示されている。このNC工作機械1は、テーブル2上に設置されたワーク21を切削加工する機械本体3と、この機械本体3を数値制御するNC装置4とから構成されている。

【0016】前記機械本体3は、前記ワーク21の表面を切削するエンドミル31と、このエンドミル31を主軸32回りに回転させる電気-油圧パルスモータ33とを含んで構成されている。電気-油圧パルスモータ33には、加速度計から構成される振動センサ51が設けられ、これにより、エンドミル31の回転に伴う振動を検出することができる。また、エンドミル31は、図2の切削面側正面図に示すように、2枚の切刃31A、31Bにより切削加工を行う回転工具であり、2枚の切刃31A、31Bのうち、いずれかの切刃が磨耗、チップ

グ等により正常に切削加工を行えなくなった場合、新たなエンドミル31に交換する必要がある。

【0017】前記NC装置4は、図1に示されるように、上述した電気-油圧パルスモータ33を制御する制御装置41と、この制御装置41に制御信号S1を送るコントローラ42とを含んで構成され、コントローラ42には、信号入出力用のI/O拡張ボックス43が設けられている。尚、I/O拡張ボックス43は、内部にAD変換器を有し、これにより信号の高速サンプリングが可能となっている。

【0018】I/O拡張ボックス43は複数の入出力ポートを有し、制御信号ライン61、トリガ信号ライン62により制御装置41と接続され、振動センサ信号ライン63により振動センサ51と接続されている。そして、振動センサ信号ライン63には、振動センサ51により取得した振動センサ信号S3を増幅する振動アンプ52と、取得された振動センサ信号から高周波数成分を分離除去するローパスフィルタ53とが設けられている。

【0019】コントローラ42は、図3に示すように、演算装置44および記録装置45を含んで構成される中央処理装置46と、CRTディスプレイ等の表示装置47と、キーボード等の入力装置48とを含み構成されている。演算装置44は、マイクロプロセッサ等からなる高速演算素子を有するものであり、各種入出力機器を制御する制御部441と、I/O拡張ボックス43から入力される種々の信号を取り込む取込手段442と、この取込手段442により取り込まれた信号に基づいて前記エンドミル31の磨耗状況を判断する判定手段443とを備えている。尚、図3では図示を略したが、判定手段443は、信号のピーク値を検出する検出部と、この検出部により検出された信号のピーク値に基づいてエンドミル31の交換時期を判断する判断部とから構成されている。

【0020】このような構成の工作機械1において、工具の交換時期判定システムは、次のように動作する。

① コントローラ42から制御信号S1が制御信号ライン61を介して制御装置41に出力される。

② 制御装置41は、この制御信号S1に基づいて回転数、送り速度等を制御しながら電気-油圧パルスモータ33を駆動させ、この電気-油圧パルスモータ33の駆動制御とともに、エンドミル31の1回転に対して1パルスのトリガ信号S2を、トリガ信号ライン62を介してコントローラ42に出力する。

【0021】③ コントローラ42は、トリガ信号S2をトリガとして、図1では図示を略したセンサ制御ラインを介して振動センサ51に振動センサ信号S3を出力するよう指示する。

④ 振動センサ51から出力された振動センサ信号S3は、振動アンプ52により増幅され、ローパスフィルタ

53により高周波数成分が除去された後、前記トリガ信号S2と同期させて取込手段442に取り込まれる。

【0022】尚、ローパスフィルタ53のカットオフ周波数は、エンドミル31の切削振動数の数倍程度に設定され、切削振動数 f (Hz)は、主軸32の回転数を R (rpm)、エンドミル31の歯数を N (枚)とすると、

$$f = R \times N / 60$$

によって算出される。

⑤ ②～④の繰り返しにより、振動センサ信号S3の時間的变化を測定することができ、この測定結果は、制御部441を介して表示装置47に表示されるとともに、判定手段443にも送られる。

【0023】次に、判定手段443による工具の交換時期を判定する手順を、具体例に基づいて説明する。図4には、図2に示される二枚刃エンドミル31を用い、回転数500rpm、送り速度250mm/min、切り込み量4mmに設定し、SS400からなるワーク21を加工したときの、時間波形（サンプルタイム0.5msec、ローパスフィルタ53のカットオフ周波数100Hz（切削振動数の略6倍））を表した図が示されている。図4において、図4(A)は振動センサ51から出力される振動センサ信号S3の時間波形であり、図4(B)はローパスフィルタ53を通した後の振動センサ信号S3の時間波形であり、図4(C)は制御装置41から出力されるトリガ信号S2の時間波形である。

【0024】取込手段442から判定手段443には、図4(B)のように所定の間隔でピーク値PA、PBが認められる振動センサ信号S3が送られる。このピーク値PA、PBは、エンドミル31の切刃31A、31Bがワーク21に衝突した際の振動であり、エンドミル31が2枚の切刃31A、31Bを有しているため、切刃31A、31Bのピークは交互に現れる。判定手段は、図4(B)の振動センサ信号S3に基づいて、各ピーク値PA、PBの時間的变化を測定し、工具交換時期を判定する。

【0025】例えば、判定手段443は、ピーク値PA、PBが図5(A)に示すように、ばらつきが少ない状態で変化している時は、エンドミル31の切刃31A、31Bに磨耗、チッピング等が生じておらず、正常な加工が行われ、工具の交換は必要なし、と判定する。一方、図5(B)に示すように、ピーク値PAの時間的变化およびピーク値PBの時間的变化の間にばらつきが大きくなった場合、2枚の切刃31A、31Bのうちのいずれかに磨耗、チッピング等による損傷が生じたと判断し、工具を交換すべき、と判定する。

【0026】また、ピーク値PA、PBの時間的变化をより長期的に判断する場合、図6に示すように、エンドミル31の加工回数と前記ピーク値PA、PB間の分散をプロットし、当該分散が一定の値となった時点で判定手段443が工具を交換すべき、と判定するようにして

もよい。このような判定手段443の判定に基づいて、コントローラ42から制御装置41に工具を交換すべき旨の制御信号が出力される。尚、工具の交換を行うか否かの判断基準となるばらつき、分散のしきい値は、ワーク21の材質、エンドミル31の形状、切削送り速度等を勘案して適宜決定する。

【0027】前述のような第1実施形態によれば、次のような効果がある。すなわち、エンドミル31の振動以外の外乱振動をローパスフィルタ53により除去し、エンドミル31の1回転に対して1パルスのトリガ信号S2と同期させて振動センサ信号S3を取り込んでいるので、エンドミル31の切刃31A、31Bの位置に応じた振動特性PA、PBを明瞭に検出することができ、これらの時間的変化を測定することにより、各切刃31A、31Bの磨耗状態を高精度に検出することができる。従って、エンドミル31の切刃31A、31Bの磨耗状態を正確に把握することにより、エンドミル31の交換時期の判定について信頼性の高い判定を行うことができる。

【0028】また、エンドミル31の磨耗状態を正確に把握できることから、エンドミル31を限界まで使用することができ、工具コストが高騰することなく、加工コストの低減を図ることができる。さらに、ローパスフィルタ53、振動センサ51等を接続するだけでシステムを構築することができるので、システム構築に要するコストが低減されるうえ、システムの構成が単純なので、NC工作機械1に容易にシステムを構築することができる。そして、ノイズ等の外乱振動は高周波数帯域に多く現れるので、図4から判るように、ローパスフィルタ53の採用は、本システムの高精度化を図るうえで有効である。

【0029】次に、本発明の第2実施形態について説明する。尚、以下の説明では、既に説明した部分または部材と同様又は類似の部分等については、その説明を簡略または省略する。前述の第1実施形態では、振動センサ信号ライン63には、振動センサ51から出力された振動センサ信号S3から100Hz以上の高周波数成分を分離除去するローパスフィルタ53が設けられていた。これに対して、第2実施形態では、ローパスフィルタ53のカットオフ周波数がI/O拡張ボックス43の内部のAD変換器のAD変換におけるサンプル周波数の1/2以下に設定されている点が相違する。

【0030】また、前述の第1実施形態では、コントローラ42の内部の演算装置44に設定された判定手段443は、振動センサ信号S3のピーク値PA、PBに基づいて工具の交換時期の判定を行っていた。これに対して、第2実施形態では、判定手段543は、図7に示すように、取込手段442から送られた振動センサ信号S3をウェーブレット解析して、当該振動センサ信号S3に対応するウェーブレット係数を求める解析部544

と、このウェーブレット係数の時間的変化から工具の交換時期を判断する判断部545とを備えている点が相違する。尚、上述したウェーブレット解析やFFT解析により振動特性の解析を行う場合、ローパスフィルタ53の減衰特性は、70dB/oct程度であるのが好ましい。

【0031】この判断部545は、図7から判るように、第1ステップ545A、第2ステップ545B、第3ステップ545Cから構成されている。第1ステップ545Aでは、一定時間内に含まれるウェーブレット係数の平均値を算出する。第2ステップ545Bでは、第1ステップ545Aで算出された係数平均値の時間的変化を表すスムージング曲線を形成する。第3ステップ545Cでは、第2ステップ545Bで形成されたスムージング曲線のピークを、エンドミル31の切刃31A、31Bに対応するウェーブレット係数であると判断する。

【0032】そして、判定手段543は、スムージング曲線のピークを特性値として、工具の交換を行うか否かを判断する。尚、これ以外の部分については、上述した第1実施形態に係る工具の交換時期判定システムと略同様の構造であり、制御信号S1の出力から振動センサ信号S3までの動作も略同様であるので、その説明を省略する。

【0033】次に、上述した判定手段543による工具の交換時期の判定手順を、具体例に基づいて説明する。図8には、回転数500rpm、送り速度250mm/min、切り込み量4mmに設定し、SS400からなるワーク21を加工したときの、時間波形（サンプルタイム0.469msec、ローパスフィルタ53のカットオフ周波数1kHz）を表した図が示されている。図8において、図8（A）には、振動センサ51から出力された振動センサ信号S3をローパスフィルタ53を通した後の振動センサ信号S3の時間波形、トリガ信号S2の時間波形が表されている。図8（B）には、この振動センサ信号S3を、時間分解能の高い高周波数域の周波数範囲についてウェーブレット解析を行い、当該振動センサ信号S3に対応するウェーブレット係数の時間的変化W1が表されている。

【0034】取込手段442から判定手段543には、図8（A）のような形で振動センサ信号S3が入力される。解析部544は、この振動センサ信号S3をウェーブレット解析して、振動センサ信号S3に対応するウェーブレット係数の時間的変化W1を算出する。判断部545では、まず第1ステップ545Aが一定時間T内に含まれるウェーブレット係数の平均値を移動平均法により算出し、第2ステップ545Bがこの係数平均値の時間的変化を表すスムージング曲線SM1を形成し、第3ステップ545Cがこのスムージング曲線SM1のピーク値QA、QBの位置を、エンドミル31の切刃31

A、31Bに相当する位置であると判断する。

【0035】判定手段543は、前記ピーク値QA、QBの時間的変化を測定し、工具交換時期を判定する。例えば、図9(A)に示されるように、ピーク値QA、QBを測定している場合、ピーク値QBに大きな変化が生ずれば、判定手段543は、切刃31Bに損傷が生じたものと判断して、工具の交換を制御装置41に指示する。同様に、図9(B)に示すように、ピーク値QA、QB間の分散に大きな変動が生じた場合、図9(C)に示すように、ピーク値QA、QBの比に大きな変化が生じた場合も、判定手段543は工具の交換を制御装置41に指示する。

【0036】前述のような第2実施形態によれば、第1実施形態で述べた効果に加えて次のような効果がある。すなわち、判定手段543が振動センサ信号S3の解析にウェーブレット解析を利用しているので、時間分解能の高い高周波数域の周波数範囲について振動波形の解析を行うことができ、エンドミル31の磨耗状態を極めて高精度に検出することができる。従って、判定手段543による工具の交換時期の判定も高精度化され、極めて信頼性の高い判定を行うことができる。

【0037】また、平均化処理されたスムージング曲線SM1のピーク値QA、QBを切刃31A、31Bに対応するウェーブレット係数としているので、不作為の外乱の混入等によるピーク値の変化に影響されることなく、安定した状態で高精度にウェーブレット係数の時間的変化を測定することができる。さらに、ローパスフィルタ53のカットオフ周波数がAD変換におけるサンプル周波数の1/2以下に設定されているので、FFT解析における最高周波数以上の周波数成分が当該最高周波数以下に折り重なって現れるエリアジングを防止することができる。

【0038】尚、本発明は、前述の各実施形態に限定されるものではなく、次に示すような変形をも含むものである。すなわち、前述の各実施形態では、エンドミル31は、2枚の切刃31A、31Bから構成されていたが、これに限らず、図10に示すように、3枚の切刃131A、131B、131Cを有するエンドミル131を備えたNC工作機械に本発明を利用してもよい。

【0039】この場合、エンドミル131が1回転すると、ワークに対して切刃131A、131B、131Cが3回衝突するので、当該3枚の切刃131A、131B、131Cの衝突に応じてウェーブレット係数のピークが生じ、図11(A)、図11(B)のようなグラフとして表される。尚、図11において、図11(A)はエンドミル131が新品の状態におけるウェーブレット係数の時間的変化、図11(B)は累積使用により切刃131Bに磨耗が生じた場合のウェーブレット係数の時間的変化を表すグラフである。

【0040】また、前述の各実施形態では、エンドミル

31の交換時期を判定するために本発明を利用していたが、他の回転工具に本発明を利用してもよい。さらに、前述の第2実施形態では、フィルタとしてローパスフィルタ53を用いていたが、これに限らず、バンドパスフィルタを用いてもよい。要するに、どのようなフィルタを採用するかは、解析する周波数帯域に応じて適宜決定すればよい。その他、本発明の実施の際の具体的な構造および形状等は、本発明の目的を達成できる範囲で他の構造等としてもよい。

【0041】

【発明の効果】前述の本発明の工具の交換時期判定システムによれば、回転工具の振動以外の外乱振動をフィルタにより除去し、振動センサ信号を回転工具の回転と同期させて取り込んでいるので、回転工具の切刃位置に応じた振動特性を検出することができ、信頼性の高い工具の交換時期判定システムとすることができ、フィルタ、振動センサ等を接続するだけでシステムを構築することができるので、工具の交換時期判定システムを安価に構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係る工具の交換時期判定システムの構成を表す模式図である。

【図2】前述の実施形態における回転工具の切刃を示す正面図である。

【図3】前述の実施形態における取込手段、判定手段の構成を表す模式図である。

【図4】前述の実施形態における振動センサ信号、トリガ信号の振動波形を表すグラフである。

【図5】前述の実施形態における判定手段による判定方法を説明するためのグラフである。

【図6】前述の実施形態における判定手段による他の判定方法を説明するためのグラフである。

【図7】本発明の第2実施形態に係る工具の交換時期判定システムの入込手段、判定手段の構成を表す模式図である。

【図8】前述の実施形態における振動センサ信号の振動波形およびこの振動波形に対応するウェーブレット係数を表すグラフである。

【図9】前述の実施形態における判定手段による判定方法を説明するためのグラフである。

【図10】前述の実施形態の変形となる工具の交換時期判定システムに用いられる回転工具を表す正面図である。

【図11】前述の実施形態の変形における振動センサ信号の振動波形を表すグラフである。

【符号の説明】

31 回転工具

51 振動センサ

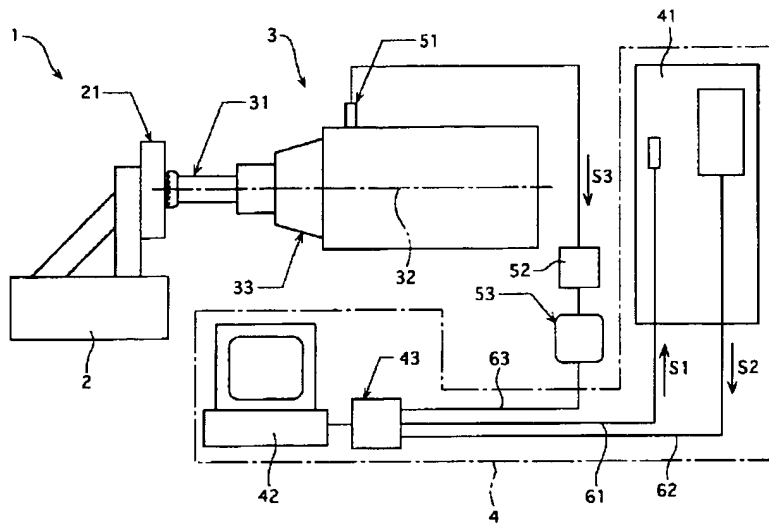
52 トリガ信号

53 フィルタ(ローパスフィルタ)

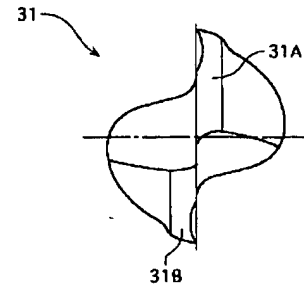
442 取込手段
 443、543 判定手段
 544 解析部
 545 判断部
 545A 第1ステップ
 545B 第2ステップ

545C 第3ステップ
 QA、QB ピーク
 S3 振動センサ信号
 SM1 スムージング曲線
 T 一定時間

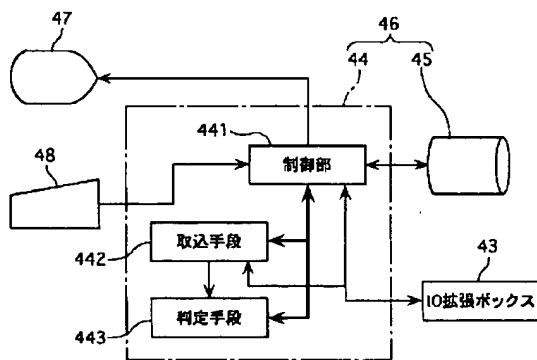
【図1】



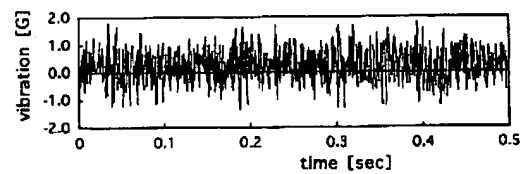
【図2】



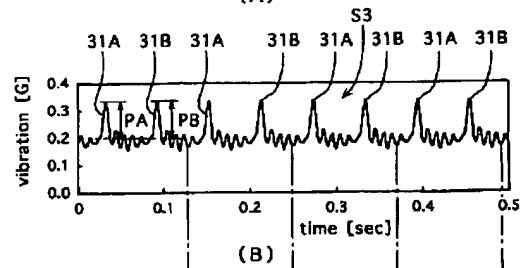
【図3】



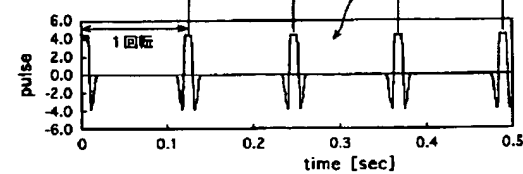
【図4】



(A)

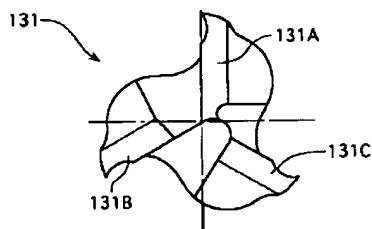


(B)

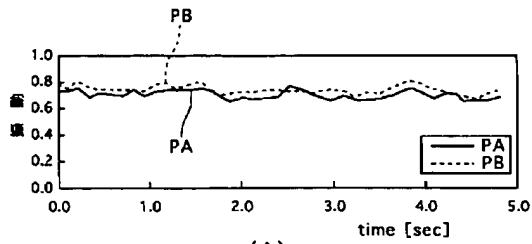


(C)

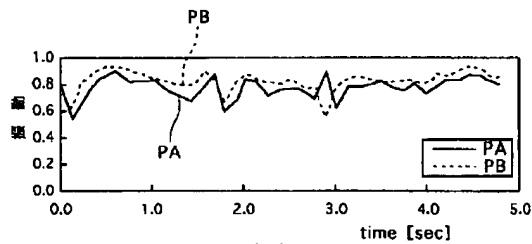
【図10】



【図5】

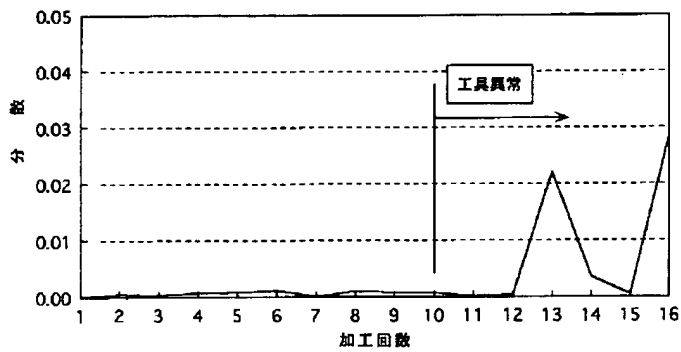


(A)

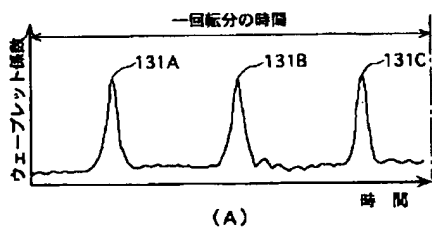


(B)

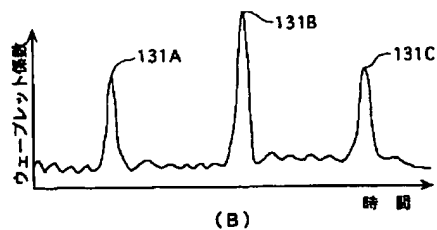
【図6】



【図11】

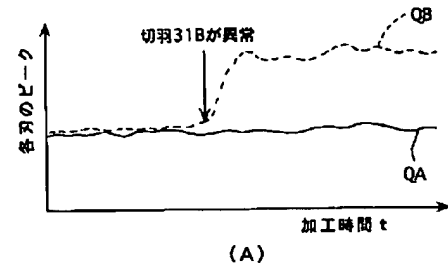


(A)

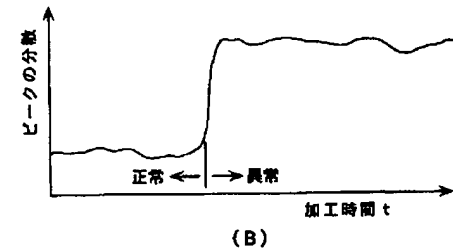


(B)

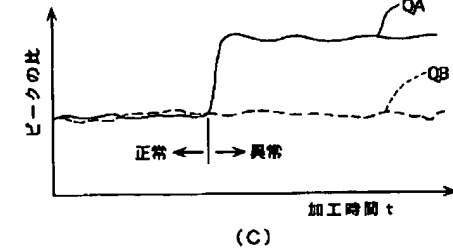
【図9】



(A)

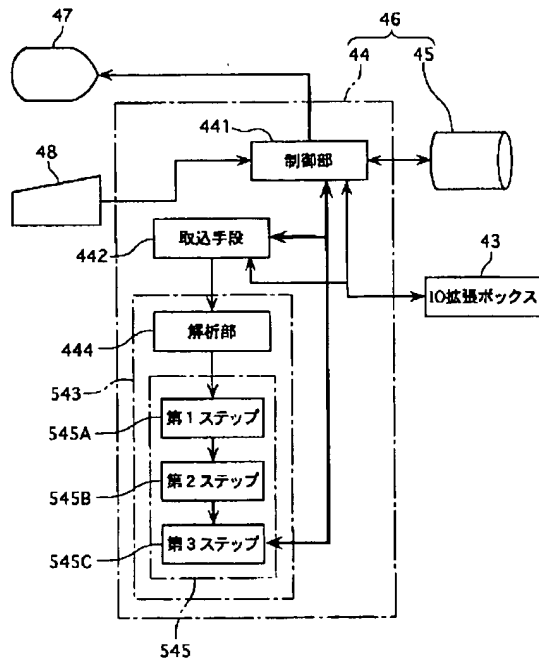


(B)



(C)

【図7】



【図8】

